

⑤

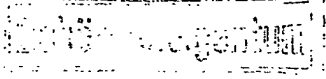
Int. Cl. 2:

C 01 B 2-14

F 02 M 27-00

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 24 39 873 A1

⑪

Offenlegungsschrift 24 39 873

⑫

Aktenzeichen: P 24 39 873.0

⑬

Anmeldetag: 20. 8. 74

⑭

Offenlegungstag: 13. 3. 75

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

20. 8. 73 USA 390049

⑤④

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen wasserstoffreichen Gases

⑦①

Anmelder:

Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika vertreten durch
National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C.

⑦④

Vertreter:

Menges, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8011 Pöding

⑦②

Erfinder:

Houseman, John, Pasadena; Rupe, Jack Harmon, Sunland;
Kushida, Raymond Osamu, Pasadena; Calif. (V.St.A.)

DT 24 39 873 A1

Patentanwalt Dipl.-Ing. Rolf Menges

2439873

Dipl.-Ing. Rolf Menges, 8011 Pöding/München, Hubertusstr. 20

8011 Pöding/München
Hubertusstrasse 20

Telefon (08106) 21 76

Telegramme

PATENTMENGE Zorneding

Commerzbank München
4406120

Postscheck München
30 7487-803

Ihr Zeichen/Your ref.

Mein Zeichen/My ref.

Tag/Date

19. Aug. 1974

Anwaltsakte N 105

Die Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika, vertreten durch
National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C., V.St.A.

Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen wasser-
stoffreichen Gases

Die Erfindung betrifft Wasserstofferzeuger und insbesondere Verbesserungen derselben.

Wegen des beträchtlichen Ausmaßes der Luftverunreinigung, die durch den Betrieb von Kraftfahrzeugmotoren verursacht wird, sind zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden, um festzustellen, ob der Verbrennungsmotor verschmutzungsfrei gemacht werden kann. Eine Lösung, die sehr vielversprechend erscheint, besteht darin, einen Kraftstoff zu verwenden, welcher aus einem Gemisch von wasserstoffreichem Gas mit dem Kohlenwasserstoff-Kraftstoff, wie etwa dem gegenwärtig verwendeten Benzin, und Luft in solchen Anteilen besteht, daß das Gemisch meistens auf der mageren Seite und trotzdem noch brennbar ist. Es besteht jedoch noch immer

509811/0989

das Problem, einen Wasserstofferzeuger zu schaffen, der ausreichend kompakt ist, damit er bequem in einem Personenkraftwagen mitgeführt werden kann. Der Wasserstofferzeuger muß außerdem in der Lage sein, mit dem Erzeugen von Wasserstoff schnell genug zu beginnen, wenn der Motor anläuft, damit ein schneller und verunreinigungsfreier Fahrzeugmotoranlauf gewährleistet ist. Weiter wird von einem Wasserstofferzeuger der angegebenen Art gefordert, daß er eine lange, störungsfreie Lebensdauer hat und daß er im Betrieb sicher und wirtschaftlich ist.

Ein Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines neuen und kompakten Erzeugers von wasserstoffreichem Gas.

Weiter ist es Ziel der Erfindung, einen neuen, schnell anlaufenden Erzeuger von wasserstoffreichem Gas zu schaffen.

Noch ein weiteres Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Erzeugers von wasserstoffreichem Gas, der sicher und wirtschaftlich arbeitet.

Diese und weitere Ziele der Erfindung können in einer Anlage erreicht werden, in welcher wasserstoffreiches Gas in einer zylinderförmigen Kammer erzeugt wird, indem Luft und Kohlenwasserstoff-Kraftstoff an einem Ende der Kammer injiziert werden und indem das Gemisch aus Luft und Kohlenwasserstoff-Kraftstoff gezündet wird, um sehr heiße Verbrennungsgase durch Teilloxidation des Kohlenwasserstoffes zu schaffen. Diese Gase bewegen sich aus dem Zündbereich weg zu einem weiteren Bereich, in welchem Wasser injiziert wird, damit es durch die heißen Verbrennungsgase in Dampf umgewandelt wird. Entweder gleichzeitig mit der Injektion von Wasser oder anschließend daran wird weiterer Kohlenwasserstoff-Kraftstoff injiziert. Der gebildete Dampf vermischt sich mit den vorhandenen heißen Gasen, so daß sich ein gleichmäßig heißes Gas ergibt, wodurch eine Dampfspaltungsreaktion mit dem Kohlenwasserstoff-Kraftstoff stattfindet, die zur Erzeugung des wasserstoffreichen Gases führt.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeuges zur Erläuterung der Anordnung der Vorrichtung nach der Erfindung und der ihr zugeordneten Bauteile,

509811/0989

- Fig. 2 eine Querschnittsansicht eines Wasserstofferzeugers nach der Erfindung,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Kontrollsystems für einen Wasserstofferzeuger nach der Erfindung,
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines Wasserstofferzeugers nach der Erfindung, und
- Fig. 5 noch eine weitere Ausführungsform eines Wasserstofferzeugers nach der Erfindung.

Fig. 1 stimmt mit der Figur 1 in einer jüngeren deutschen Patentanmeldung überein (Aktenzeichen P 24 38 217.0, "Verfahren und System zur Herabsetzung des Ausstoßes von Luftverunreinigungsstoffen bei Verbrennungsmotoren"). Fig. 1 soll einen Überblick über die Erfindung verschaffen. Fig. 1 zeigt eine Darstellung eines Kraftfahrzeuges 10, welches einen Motor 12 und einen Tank 14 hat, in welchem der Kohlenwasserstoff-Kraftstoff enthalten ist. Der Motor ist mit einem Ansaugrohr 16 ausgerüstet, in welchem eine Vorrichtung untergebracht ist, die Luft, wasserstoffreiches Gas und Kohlenwasserstoff-Kraftstoff in solchen Anteilen mischt, daß der Ausstoß des Motors an Verunreinigungsstoffen minimal ist. Eine geeignete Anordnung für ein Ansaugrohr, welches eine Vorrichtung zum Vermischen und zum Kontrollieren der Mischungsanteile enthält, ist in dem älteren Vorschlag, Aktenzeichen P 24 38 217.0, dargestellt und beschrieben.

Es ist außerdem eine Luftdrosselklappe 18 vorgesehen, die durch den Fahrer mittels des Fußpedals gesteuert wird und die die Luftmenge festlegt, die zu dem Motor strömt. Außerdem ist gemäß der Erfindung ein Wasserstoffgaserzeuger vorgesehen. Der Kohlenwasserstoff-Kraftstoff wird der Mischvorrichtung in dem Ansaugrohr 16 durch ein Rohr 22 zugeführt, in welchem sich eine Kraftstoffpumpe 24 befindet. Ein weiteres Rohr 26 zweigt von dem Rohr 22 ab und steht mit einer Pumpe 28 in Verbindung, die dazu verwendet wird, Kohlenwasserstoff-Kraftstoff zu dem Wasserstoffgaserzeuger 20 zu liefern. Ein Wasservorrat 30 ist vorgesehen. Ein Rohr 32 verbindet den Wasservorrat mit einer Pumpe 34, wodurch Wasser dem Wasserstofferzeuger 20 zugeführt wird. Eine Luftpumpe 36 wird außerdem dazu verwendet, dem

Wasserstoffgenerator 20 Druckluft zuzuführen.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht eines Wasserstofferzeugers nach der Erfindung. Eine glockenförmige Wand 40 umschließt den Wasserstofferzeuger. Es ist eine innere Wand 42 mit Abstand von der äußeren glockenförmigen Wand 40 vorgesehen, und zwischen den beiden Wänden ist ein Wärmeisolationmaterial 44 untergebracht. Mit Abstand von der inneren Wand 42 ist eine weitere Wand 46 angeordnet, damit zwischen den beiden Wänden ein Luftdurchlaß gebildet ist.

Druckluft aus dem Verdichter 36 wird einem Einlaß 48 zugeführt, welcher die Luft durch eine Öffnung in den Wänden 40, 42 in den Durchlaß zwischen denselben leitet. Die Wand 46 umschließt den heißen Bereich des Wasserstofferzeugers und dient deshalb zum Vorwärmen der durch den Durchlaß strömenden Luft. Die Luft wird weiter vorgewärmt, indem sie zwischen einer Gruppe von Ablenkplatten 49 hindurchgeleitet wird, die den Luftstrom um Rohre 50 herum steuern. Die Rohre 50 leiten das Produktgas aus dem Reaktorbereich des Wasserstofferzeugers zu einem Speicherraum 42 und von diesem aus zu einem Auslaßflansch 54.

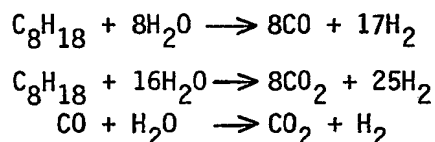
Nach dem Hindurchleiten durch den von den Ablenkplatten 49 und den Rohren 50 gebildeten Wärmeaustauscher wird die erhitzte Luft durch einen Durchlaß 56, 58 hindurch in einen Teiloxidationsbereich 60 geleitet.

Ein Rohr 62 endigt in einer Düse, durch welche ein Sprühnebel von flüssigem Kohlenwasserstoff in den Teiloxidationsbereich 60 ausgestoßen wird. Dort vermischt er sich mit Luft, die aus dem Durchlaß 56, 58 eindringt, damit ein kraftstoffreiches Gemisch geschaffen wird. Die Anordnung der Einlaßkanäle und die Geschwindigkeit der Luft und des Kraftstoffes sind so gewählt, daß ein Wirbel erzeugt wird, damit eine ausgezeichnete Vermischung erfolgt. Das Gemisch wird durch einen heißen Draht oder durch einen Funkenzünder 64 gezündet. Die relativen Mengen von zugeführter Luft und zugeführtem Kraftstoff sind so gewählt, daß nur eine Teiloxidation des Kohlenwasserstoffes erfolgt; es wird aber ausreichend Luft zugeführt, damit eine Kohlenstoffbildung verhindert wird. Die Verbrennung erfolgt somit unter kraftstoffreichen Bedingungen, so daß sehr wenig Stickstoffoxid erzeugt wird. In Anbetracht der Art der Einleitung des Kraftstoffes und der Luft wird eine wirbelartige Flamme mit einem hohen Turbulenzgrad

geschaffen, was das Vermischen der Luft und des Kraftstoffes unterstützt und die Flammenstabilisierung fördert.

Wassersprühnebelrohre 66, 68 sind vorgesehen, um in die durch das Verbrennen des Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes erzeugten heißen Verbrennungsgase Wasser zu injizieren. Der Wassersprühnebel wird durch die Gase verdampft, damit Dampf erzeugt wird, welcher sich dann mit den heißen Teiloxidationsgasen vermischt, damit sich ein gleichmäßig heißes Gas an dem Ende der Verbrennungszone ergibt, die durch die Wände 70 begrenzt ist. Diese Wände sind in Form eines offenen Zylinders vorgesehen.

Ein zweiter Spühnebel von flüssigem Kohlenwasserstoff wird in den Bereich an dem Ende der Verbrennungszone durch eine Sprühdüse 72 eingeleitet. Die Kohlenwasserstofftröpfchen, die durch die zweite Spühdüse eingeleitet werden, verdampfen schnell, und es findet dann eine Dampfspaltungsreaktion innerhalb des Reaktorraumes statt, der zwischen den Wänden 70 und 46 gebildet ist. Die Reaktion erfolgt beispielsweise nach folgenden Formeln:



Die erste Reaktion stellt die Hauptreaktion dar. Die letzten beiden Reaktionen sind weniger von Bedeutung. Die Sprühdüse 72 muß sorgfältig ausgewählt sein, damit sich der korrekte Kegelwinkel und die richtige Eindringung des Spühnebels ergibt, um eine gleichmäßige Vermischung von heißem Gas und verdampftem Kohlenwasserstoff in dem Reaktorring für eine optimale Reaktion ohne Rußbildung sicherzustellen.

Wenn eine Beschleunigung des Dampfspaltungsvorganges beabsichtigt ist, kann in den Reaktionsraum ein Katalysator eingebracht werden. Das wird von besonderer Wirkung dann sein, wenn der Kraftstoff keine Stoffe, wie etwa Blei oder Schwefel, enthält, die den Katalysator vergiften würden.

Das sich ergebende heiße Produktgas strömt durch die Rohre 50 hindurch und wird teilweise gekühlt, da diese Rohre einen Wärmeaustauscher bilden. Dadurch nimmt die einströmende Luft Wärme aus dem heißen Produktgas auf.

2439873

- 6 -

Die Rohre 50 endigen in dem Sammelringraum 52, der über den Flansch 54 entleert wird. Das Produktgas wird nach dem Verlassen des Reaktors gegenüber dem Wasser noch immer überhitzt sein. Bei Bedarf kann das Produktgas weiter heruntergekühlt werden, um das Wasser herauszukondensieren, damit es zu dem Wasserspeisetank zurückgeleitet werden kann. Außerdem kann bei Bedarf der Luftstrom weiter vorgewärmt werden, und zwar durch Verwendung desselben zum Kühlen des Zylinderblocks des Fahrzeugmotors oder durch Wärmeaustausch mit Abgasen aus dem Fahrzeugmotor.

Für Anlaßzwecke wird ein Rohr 74, welches mit der Kohlenwasserstoff-Kraftstoffpumpe 28 verbunden ist, zum Aufsprühen einer kleinen Kohlenwasserstoff-Kraftstoffmenge auf einen heißen Draht 76 verwendet. Das Rohr 74 endigt in einer Düse, die in der Nähe des heißen Drahtes 76 angeordnet ist, welcher von einem Drahtgeflecht (nicht dargestellt) umgeben ist. Eine geringe Menge an Kraftstoff wird auf diesen Drahtgeflecht docht aufgebracht, wenn der Wasserstofferzeuger gestartet werden soll. Der Kraftstoff wird anschließend gezündet und, wenn ein Temperaturfühler 80, bei welchem es sich um irgendeine bekannte Temperaturabfühlvorrichtung handeln kann, wie etwa ein Thermistor, eine Photozelle oder eine Bimetallvorrichtung, anzeigt, daß eine ausreichend hohe Temperatur erreicht ist, wird die Hauptzufuhr von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff aus dem Rohr 62 freigegeben.

Nachdem die Zündflamme durch den heißen Draht 76 erzeugt worden ist, und nachdem die Hauptkohlenwasserstoff-Kraftstoff-Zufuhr begonnen hat und der Ausstoß aus der Sprühdüse 74 gezündet worden ist, wird ein zweiter Temperaturfühler 82 in Benutzung genommen. Dieser Temperaturfühler 82 ist vorgesehen, um anzuzeigen, wann die Hauptflamme aufgrund des Verbrennens des durch die Düse 62 zugeführten Kohlenwasserstoffes die Brennkammerwände in ausreichendem Maß aufgeheizt hat, so daß die Gastemperatur an dem Fühler 82 einen Sollwert erreicht. Wenn dieser Temperaturfühler 82 ein Ausgangssignal liefert, welches diese Tatsache anzeigt, so können die Wasserdüsen 66 und 68 mit der Zufuhr von Wasser beginnen.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Kontrollanordnung für den in Fig. 2 dargestellten Wasserstofferzeuger. Nach dem Drehen des Zündschlüssels 83 für das Fahrzeug wird ein zweipoliger Umschalter 84

509811/0989

der in der geöffneten Stellung dargestellt ist, betätigt. Dieser erregt ein Anlaßrelais 86 und lädt einen Kondensator 88 aus einer Stromquelle 90 auf. Das Anlaßrelais 86 ermöglicht, daß ein Strom zum Betätigen des heißen Drahtzünders 76 fließt und daß die Kraftstoffpumpe 28 anläuft, die Kraftstoff aus dem Tank 14 entnimmt. In diesem Zeitpunkt wird außerdem ermöglicht, daß der Luftverdichter 36 anläuft. Das Anlaßrelais 86 bewirkt außerdem, daß ein Relais 92 betätigt wird. Das Relais 92 erregt ein Zündkraftstoffventil 94 für eine kurze Zeitspanne, wodurch eine kleine Menge an Kohlenwasserstoff-Kraftstoff dem Docht zugeführt wird, der den Heißdrahtzünder 76 umgibt.

Der Temperaturfühler 80 liefert ein Ausgangssignal, wenn er feststellt, daß eine Flamme vorhanden ist. Dieses Ausgangssignal wird durch einen Verstärker 96 verstärkt. Das Ausgangssignal des Verstärkers 96 erregt ein Relais 98, welches bewirkt, daß das Haupt-Kohlenwasserstoff-Kraftstoff-Elektromagnetventil 100 geöffnet wird.

Anschließend, wenn der Temperaturfühler 82 feststellt, daß die Hauptflamme die Kammer in ausreichendem Maß aufgeheizt hat, wird sein Ausgangssignal einem Verstärker 102 zugeführt, dessen Ausgangssignal bewirkt, daß die Wasserpumpe 38 eingeschaltet wird. Ein weiterer Verstärker 104 verstärkt außerdem das Ausgangssignal des Temperaturfühlers 82 und schaltet ein Relais 106 ein. Das Relais 106 bewirkt, daß nach einer kurzen Verzögerung ein Ventil 108 eingeschaltet wird, welches den Kohlenwasserstoff-Kraftstoffstrom durch die Düse 72 hindurch in den Spaltungsbereich (Reforming-Bereich) freigibt.

Die Einschaltfolge bewirkt, daß zunächst ein Gemisch aus Teiloxydationsverbrennungsgas und Dampf gebildet wird, bevor der Spaltungskohlenwasserstoffstrom gestartet wird. Außerdem wird infolge dessen die Reaktorwandoberfläche 70 gründlich aufgeheizt, bevor der Hauptspaltungskohlenwasserstoffstrom eingeleitet wird. Durch dieses Verfahren wird die Bildung von Ruß vermieden. Die gesamte Anlauffolge spielt sich innerhalb weniger Sekunden ab.

Wenn abgeschaltet werden soll, wird die Anlauffolge in umgekehrter Reihenfolge im wesentlichen wiederholt. Wenn der Zündschlüssel 83 zurückgedreht wird, wird der zweipolige Umschalter 84 in die dargestellte

Position gebracht. Der Kondensator 88 bewirkt, daß ein Abschaltrelais 110 eine Zeitspanne lang betätigt wird, die zum Abschalten erforderlich ist. Dieses Relais bewirkt, daß ein Impulsgenerator 112 mit dem Erzeugen von Impulsen beginnt. Diese Impulse werden einem Zähler 114 zugeführt, welcher in Abhängigkeit von den Impulsen hochzuzählen beginnt. Bei dem Auftreten der ersten Zählung wird das Relais 106 entregt und das Spaltungsventil 108 wird geschlossen. Ein Heißgasstrom strömt jedoch noch durch den gesamten Reaktor, um die Vergasung von Teer oder Ruß zu fördern, die sich abgelagert haben könnten.

Bei der zweiten Zählung wird die Wasserpumpe 38 abgeschaltet. Bei der dritten Zählung wird das Relais 98 entregt, woraufhin das Hauptkraftstoffventil 100 abgeschaltet wird. Bei Bedarf kann das Abschalten in zwei Schritten ausgeführt werden, d.h. wenn das Relais 98 ein Abschalt-signal empfängt, kann es, anstatt das Hauptventil 100 vollständig abzuschalten, dasselbe nur teilweise für einige Sekunden schließen, so daß in dem Verbrennungsraum innerhalb des Wasserstoffreaktors eine kleine luftreiche Flamme vorhanden ist. Luftreiche heiße Verbrennungsgase werden dann wenige Sekunden lang durch die gesamte Einheit ziehen, um die Verbrennung irgendwelcher Niederschläge von Teer oder Ruß mit dem zur Verfügung stehenden überschüssigen Sauerstoff sicherzustellen.

Anschließend wird das Hauptventil 100 vollständig geschlossen. Nach der vierten Zählung werden die Kraftstoffpumpe 28 sowie der Luftverdichter 36 und das Relais 110 abgeschaltet. Das Abschalten des Relais 110 führt dazu, daß der Impulsgenerator 112 abgeschaltet wird. Es ist zu beachten, daß nach der Betätigung des Zündschlüssels 83 der Zähler 114 zurückgestellt wird.

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Wasserstofferzeugers nach der Erfindung, welcher zwar ein anderes Verhältnis von Länge zu Durchmesser hat, jedoch grundsätzlich nach denselben Grundsätzen arbeitet. Zuerst wird nämlich ein Teiloxidationsflammenbereich geschaffen, welcher zum Umwandeln von Wasser in Dampf verwendet wird, der anschließend zum Spalten eines Kohlenwasserstoffes benutzt wird. Wie zuvor, hat das Reaktor-gefäß eine Außenwand 116 und eine mit Abstand von derselben angeordnete Innenwand 118, zwischen welchen ein Wärmeisolationmaterial 120 angebracht ist. Eine dritte Wand 122 ist mit Abstand von der Innenwand 118 so

angeordnet, daß ein Durchlaß vorhanden ist, durch welchen Luft hindurchströmen kann, nachdem sie durch das Hindurchleiten durch einen Wärmeaustauscher vorgewärmt worden ist, der aus einer Anordnung von Ablenklplatten 124 und Rohren 126 besteht. Luft wird durch einen Flansch 128 in die Ummantelungsseite des Wärmeaustauschers gepumpt. Die Luft wird weiter vorgewärmt, indem sie durch den Ring hindurchgeleitet wird, der zwischen den mit Abstand von einander angeordneten Wänden 118, 122 gebildet ist. Die Luft wird, auf beiden Seiten einer Düse 130, durch welche der Kohlenwasserstoff-Kraftstoff als ein Sprühnebel injiziert wird, in die Reaktionskammer ausgestoßen. Ein Zünder 132 wird zum Zünden des Luft-Kohlenwasserstoff-Gemisches verwendet, damit in dem Bereich, in welchen die Luft und der Kohlenwasserstoff-Kraftstoff ausgestoßen werden, eine Teiloxidationsflamme geschaffen wird.

Die durch das gezündete Kohlenwasserstoff-Luft-Gemisch gebildete Teiloxidationsflamme liefert heiße Verbrennungsgase, in die mittels Düsen 134 bzw. 136 Wassersprühnebel injiziert werden. Das Wasser wird durch die heißen Verbrennungsgase in Dampf verwandelt. Der Kohlenwasserstoff wird durch Düsen 138 bzw. 140 in das sich ergebende Gas injiziert. Dann erfolgt eine Spaltungsreaktion in dem Gebiet stromabwärts der Düsen 138 und 140, die zur Erzeugung des wasserstoffreichen Gases führt. Dieses Gas gelangt sodann durch die Rohre 126 des Wärmeaustauschers hindurch und wird dabei durch die einströmende Luft gekühlt. Ein Produktgas sammelt sich in einer Endzone 142 an und wird durch den Flansch 144 abgeführt, von welchem aus es zu dem pneumatischen Motorkraftstoffzerstäuber gelangt.

Die Anordnungen zum Anlassen und Steuern dieser Ausführungsform der Erfindung sind, in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor, dieselben wie die mit Bezug auf Fig. 3 angegeben. Wenn ein Anlassen zwecks Erzeugen eines wasserstoffreichen Gases für einen Fahrzeugmotor nicht erforderlich ist, braucht das Anlaß- und Abschaltverfahren offenbar nicht so aufwendig zu sein.

Fig. 5 zeigt im Schnitt noch eine weitere Ausführungsform eines Erzeugers von wasserstoffreichem Gas. Ein Elektromotor 141 treibt eine Luftpumpe 36, eine Benzinpumpe 28 und eine Wasserpumpe 34 an, damit diese Fluids dem Gaserzeuger über Rohre 143 bzw. 145 bzw. 147 zugeführt werden. Der Erzeuger von wasserstoffreichem Gas enthält zwei Teile 148 bzw. 150, welche Kammern

enthalten, die dieselbe Achse haben und an einem Ende miteinander in Verbindung stehen.

Der erste Teil 148 hat zylindrische Wände 152, die eine erste Kammer umschließen. An einem Ende dieser Kammer ist ein Druckluftzerstäuber 154 angeordnet, welchem Luft als Betriebsfluid und der Kohlenwasserstoff-Kraftstoff zugeführt werden, damit der Kraftstoff zerstäubt wird.

Der zweite Teil 150 des Wasserstofferzeugers hat äußere zylindrische Wände 156. Diese umschließen innere zylindrische Wände 158, die mit Abstand von den äußeren Wänden angeordnet sind und eine zweite Kammer begrenzen, bei welcher es sich um die Brennkammer handelt. Zwischen den erstgenannten und zweitgenannten Wänden ist eine Spiralwand 160 angeordnet, die einen Spiraldurchlaß festlegt. Luft wird an einem Ende des Spiraldurchlasses über das Rohr 142 eingepumpt, um die inneren Wände 158 herumgeleitet und somit durch die inneren Kammerwände vorgewärmt, die die Brennkammer umgeben. Ein Teil der vorgewärmten Luft wird über ein Rohr 162 zu dem Druckluftzerstäuber 154 geleitet.

Das in der ersten Kammer erzeugte Kraftstoff-Luft-Gemisch wird durch einen Luftverwirbler 164 in die zweite Kammer geleitet. Der Luftverwirbler enthält einen Ring mit einer Vielzahl von Durchlässen, die von dem äußeren Umfang des Ringes abgewinkelt zu der zentralen Öffnung gerichtet sind. Vorgewärmte Luft aus dem Spiraldurchlaß gelangt durch diese abgewinkelt gerichteten Öffnungen hindurch und bewirkt, daß das Luft-Kraftstoff-Gemisch, welches die zentrale Öffnung des Luftverwirblers 164 passiert, verwirbelt wird, wenn es in die Brennkammer eintritt. Eine Zündkerze 166 oder irgendeine andere geeignete Zündvorrichtung zündet dieses Gemisch, und die heißen Gase, die erzeugt werden, strömen weiter in die Brennkammer ein, in welche ein Gemisch aus Benzin und Wasser durch einen zweiten Druckluftzerstäuber 168 eingesprüht wird.

Das Benzin und das Wasser werden dem Druckluftzerstäuber 168 über Rohre 145 bzw. 147 zugeführt. Außerdem wird dem Druckluftzerstäuber 168 vorgewärmte Luft als Arbeitsfluid über eine Leitung 170 zugeführt.

Die heißen Gase in der zweiten Kammer wandeln den Wassersprühnebel in dem Kraftstoff-Wasser-Gemisch in Dampf um. Der Kraftstoff wird verdampft und

ein Dampfspaltungsvorgang findet innerhalb des durch die Brennkammer gebildeten Reaktorraumes statt. Wasserstoffreiches Gas strömt durch die Öffnung 172 hinaus zu der Ausrüstung, von welcher es verwendet wird.

Beim Starten erregt der Fahrzeugzündschalter auch den Motor 141, welcher die Zufuhr von Luft zu dem Wasserstofferzeuger bewirkt. Nach einem geeigneten Verzögerungsintervall, in welchem ein Luftüberdruck bis zu einem vorbestimmten Wert, wie etwa $0,35 \text{ kp/cm}^2$ (5 psig), aufgebaut wird, oder wenn der Druck durch einen druckempfindlichen Schalter (nicht dargestellt) abgefühlt wird, wird die Fahrzeugmotoranlaßvorrichtung betätigt, die Fahrzeugmotor- und Wasserstofferzeugerzündanlagen werden betätigt, und es wird eine Magnetkupplung betätigt, die die Wasser- und Kraftstoffpumpen 34 bzw. 28 mit dem Motorantrieb kuppelt. Dadurch wird Wasserstoff im wesentlichen augenblicklich erzeugt und der Fahrzeugmotor schaltet sich dann selbst in den Leerlaufzustand.

Die Ausführungsformen des Wasserstofferzeugers nach der Erfindung sind zwar in Verbindung mit einem fremdgezündeten Verbrennungsmotor beschrieben worden, bei welchem ein flüssiger Kohlenwasserstoff, wie etwa Benzin, verwendet wird, das bedeutet jedoch keine Beschränkung der Erfindung, da wasserstoffreiches Gas auch mit anderen flüssigen Kohlenwasserstoffen erzeugt werden kann, wie etwa Dieselöl oder Düsentreibstoff. Außerdem kann der Wasserstofferzeuger zusammen mit anderen Arten von Verbrennungsmotoren verwendet werden, wie etwa Diesel-, Düsenmotoren oder Gasturbinen in stationären oder automobilen Anwendungen. Weil bei der Erfindung ein Teiloxidationsprozeß zum Erzeugen der Energie verwendet wird, die für die Dampfspaltungsreaktion erforderlich ist, wird der bislang erforderliche komplizierte Aufbau vermieden, in welchem die Energie für einen Dampfspaltungsprozeß von den Verbrennungsgasen aus einem getrennten Brenner durch Wärmeübertragung über eine Wärmeaustauschfläche auf das Hochtemperatur-Dampfreformergas geliefert wird.

Oben ist somit ein neuer und sehr nützlicher Erzeuger von wasserstoffreichem Gas beschrieben worden.

Die hier beschriebene Erfindung wurde bei der Ausführung von Arbeiten unter einem NASA-Vertrag gemacht und ist Gegenstand der Bestimmungen von Section 305 des National Aeronautics and Space Act von 1958, Public Law 85-568 (72 Stat. 435; 42 USC 2457).

509811/0989

Die Erfindung schafft also ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen eines wasserstoffreichen Gases aus flüssigen Kohlenwasserstoffen und Wasser mit Hilfe des Dampfreformierungs (oben und in den Ansprüchen auch als Dampfspaltungs- bezeichnet)-Prozesses unter Verwendung einer Teiloxidation.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

- ① Verfahren zum Erzeugen wasserstoffreichen Gases, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Herstellen eines Gemisches aus Luft und einem Kohlenwasserstoff,

Zünden dieses Gemisches aus Luft und Kohlenwasserstoff zum Erzeugen heißer Verbrennungsgase,

Injizieren von Wasser in diese heißen Verbrennungsgase zum Erzeugen eines Gemisches aus Dampf und heißen Verbrennungsgasen,

Mischen eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes mit diesem Gemisch aus Dampf und heißen Gasen, und

Reaktion des Gemisches aus Kohlenwasserstoff-Kraftstoff, heißen Gasen und Dampf zum Erzeugen wasserstoffreichen Gases.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffreiche Gas, das erzeugt worden ist, mit der Luft gekühlt wird, die zum Herstellen des Gemisches aus Luft und einem Kohlenwasserstoff dient.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Luft, die zum Herstellen des Gemisches aus Luft und einem Kohlenwasserstoff verwendet wird, mit den heißen Verbrennungsgasen vorgewärmt wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (56, 58, 60, 62; 118, 122; 154, 164) zum Vermischen eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes mit einer geringer als stöchiometrischen Luftmenge zum Erzeugen eines Luft-Kraftstoff-Gemisches, durch eine Einrichtung (64; 132; 166) zum Zünden des Luft-Kraftstoff-Gemisches zum Bilden heißer Gase, durch Einrichtungen (66, 68 bzw. 72; 134, 136 bzw. 138, 140; 147, 168 bzw. 145, 154, 168) zum Injizieren von Wasser in die heißen Gase zum Bilden von Dampf und zum Injizieren eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes, der durch die heißen Gase und Dampf in ein wasserstoffreiches Gas dampfzuspalten ist, und durch Einrichtungen (50; 126) zum Weiterleiten des wasserstoffreichen Gases zu einem Sammelbereich (52; 142).

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Wände (70; 122; 158) eine Verbrennungszone (60) festlegen, an welche sich eine Dampferzeugungszone anschließt, der eine Dampfspaltungszone nachgeschaltet ist, daß die Einrichtung zum Vermischen eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes mit einer geringer als stöchiometrischen Luftmenge eine erste Düsenanordnung (56, 58 bzw. 62; 118, 122, 130; 154, 164) zum Einsprühen von Luft und einem Kohlenwasserstoff-Kraftstoff in die Verbrennungszone (60) enthält, und daß die Einrichtung zum Injizieren von Wasser in die heißen Gase zum Bilden von Dampf und zum Injizieren eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes eine zweite Düsenanordnung (66, 68; 134, 136; 147, 168) zum Injizieren von Wasser in die Dampferzeugungszone (60) und eine dritte Düsenanordnung (72; 138, 140; 168) zum Injizieren eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes in die Dampfspaltungszone enthält, damit er dampfgespalten wird.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (49, 50; 124, 126; 160) zum Vorwärmen der Luft vorgesehen ist, welche Mittel aufweist, die die in die Verbrennungszone (60) eingeleitete Luft um die Wände, welche die Verbrennungszone begrenzen, an welche sich eine Dampferzeugungszone und daran eine Dampfspaltungszone anschließen, herumleiten, bevor sie in die Verbrennungszone eingeleitet wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Weiterleiten des wasserstoffreichen Gases zu dem Sammelbereich (52; 142) eine Vielzahl von Rohren (50; 126) aufweisen, die mit Abstand voneinander angeordnet sind, und daß die Einrichtung zum Vorwärmen der Luft Mittel (49; 124; 160) aufweist, die dazu dienen, die in die Verbrennungszone (60) einzuleitende Luft um die Rohre zum Kühlen des wasserstoffreichen Gases herumzuleiten und die Luft vorzuwärmen, bevor sie in die Verbrennungszone eingeleitet wird.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (148) zum Vermischen eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes mit einer geringer als stöchiometrischen Luftmenge einen ersten Druckluftzerstäuber (154) zum Vermischen von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff und Luft aufweist, daß ein Luftverwirbler (164) zum Verwirbeln des Gemisches aus Kohlenwasserstoff-Kraftstoff und Luft mit mehr Luft vorgesehen ist, und daß die Einrichtung zum Injizieren von Wasser in die heißen Gase zum Bilden von Dampf und zum Injizieren eines durch die heißen Gase dampfzuspalten

Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes einen zweiten Druckluftzerstäuber (168) zum Vermischen von Wasser und Kohlenwasserstoff-Kraftstoff zu einem Sprühnebel enthält.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, gekennzeichnet durch ein Gefäß, welches die Verbrennungszone, die Dampferzeugungszone und die Zone zum Dampfspalten von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff enthält.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefäß eine wärmeisolierte Wand (42, 44; 116, 118; 156) hat, daß innerhalb des Gefäßes mit Abstand von und parallel zu der wärmeisolierten Wand eine weitere Wand (46; 122; 158) vorgesehen ist, die mit der erstgenannten Wand zusammen einen Luftdurchlaß bildet, daß eine Einrichtung zum Einleiten von unter Druck stehender Luft in ein Ende des Luftdurchlasses vorgesehen ist, die sich in der Nähe eines Endes des Gefäßes befindet, während das andere Ende des Luftdurchlasses sich in das andere Ende des Gefäßes öffnet und Luft in dasselbe austreten läßt, daß eine Einrichtung zum Einleiten eines Kohlenwasserstoff-Kraftstoffes in das andere Ende des Gefäßes neben der Stelle vorgesehen ist, an welcher unter Druck stehende Luft eingeleitet wird, damit mit derselben ein Gemisch gebildet wird, und daß eine Einrichtung (54; 144; 172) zum Abführen des wasserstoffreichen Gases aus dem Gefäß vorgesehen ist.

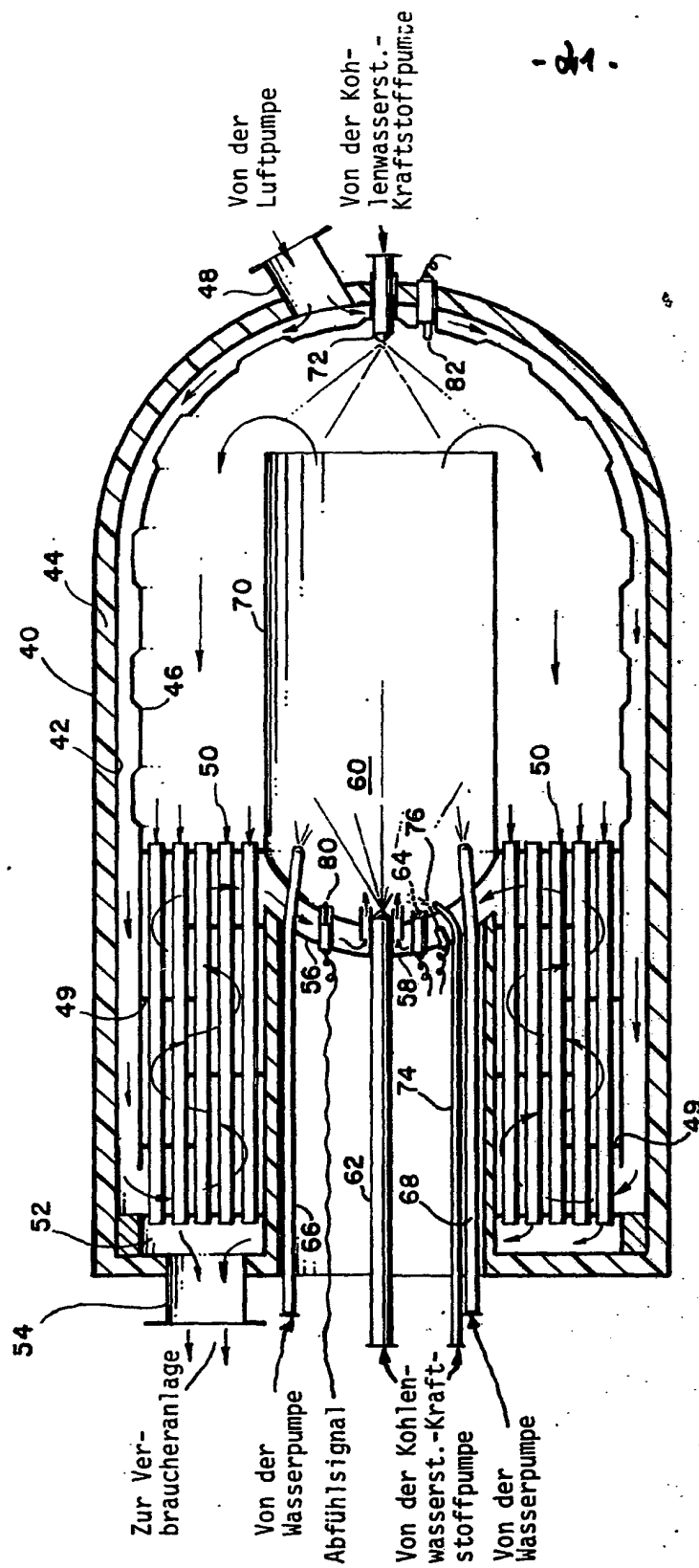
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Ende des Gefäßes, in welchem das Gemisch aus Luft und Kohlenwasserstoff-Kraftstoff verbrennt wird, Mittel zum Anlassen vorgesehen sind, welche enthalten: eine Einrichtung (74) zum Einleiten einer vorbestimmten Menge von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff, eine Einrichtung (76) zum Zünden der vorbestimmten Kohlenwasserstoff-Kraftstoffmenge, eine Einrichtung (80), die das Vorhandensein einer durch die gezündete vorbestimmte Kohlenwasserstoff-Kraftstoffmenge erzeugten Flamme abfühlt und davon eine Anzeige liefert, und Einrichtungen (96, 98, 100), die auf die Anzeige durch die Einrichtung (80) zum Abfühlen ansprechen und die Zufuhr von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff in das Gefäß freigeben, damit aus ihm Verbrennungsgase erzeugt werden.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (82) zum Abfühlen der Temperatur des Dampfes und des Verbrennungsgases

und durch Einrichtungen (104, 106, 108), die auf das Ausgangssignal der Abfühleinrichtung ansprechen, wenn eine vorbestimmte Temperatur überschritten wird, damit das Injizieren von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff in das Gefäß für die Reaktion mit dem Dampf und die Erzeugung des wasserstoffreichen Gases nach einer vorbestimmten Zeitverzögerung freigegeben wird.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, gekennzeichnet durch eine Abfühleinrichtung, die abfühlt, wann die Temperatur der durch die Verbrennung des Gemisches aus Luft und Kohlenwasserstoff erzeugten heißen Gase einen vorbestimmten Wert überschreitet, damit das Einleiten von Wasser in die heißen Verbrennungsgase zur Bildung von Dampf freigegeben wird, woran sich das Einleiten von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff in den Dampf zum Bilden des wasserstoffreichen Gases anschließt.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, gekennzeichnet durch eine erste Kammer (148) mit ersten und zweiten Enden und eine zweite Kammer (150) mit ersten und zweiten Enden, durch eine Einrichtung zum Verbinden des zweiten Endes der ersten Kammer mit dem ersten Ende der zweiten Kammer, wobei der erste Druckluftzerstäuber (154) an dem ersten Ende der ersten Kammer angeordnet ist und Luft und einen Kohlenwasserstoff-Kraftstoff vermischt und dieses Gemisch in die erste Kammer zu der zweiten Kammer hin einleitet, und wobei der Luftverwirbler (164) so angeordnet ist, daß er das Gemisch aus Luft und Kohlenwasserstoff-Kraftstoff, welches aus der ersten Kammer in die zweite Kammer eintritt, verwirbelt, daß Mittel (160) zum Herumleiten von vorzuwärmender Luft um die zweite Kammer vorgesehen sind, daß Einrichtungen zum Zuführen der vorgewärmten Luft zu dem Luftverwirbler (164) vorgesehen sind, damit Turbulenz erzeugt wird, daß Einrichtungen (166) zum Zünden des turbulenten Gemisches in der zweiten Kammer vorgesehen sind, damit die heißen Verbrennungsgase erzeugt werden, und daß Einrichtungen zum Abführen des wasserstoffreichen Gases aus dem zweiten Ende der zweiten Kammer vorgesehen sind (172).



121.

FIG. 2 X

509811/0989

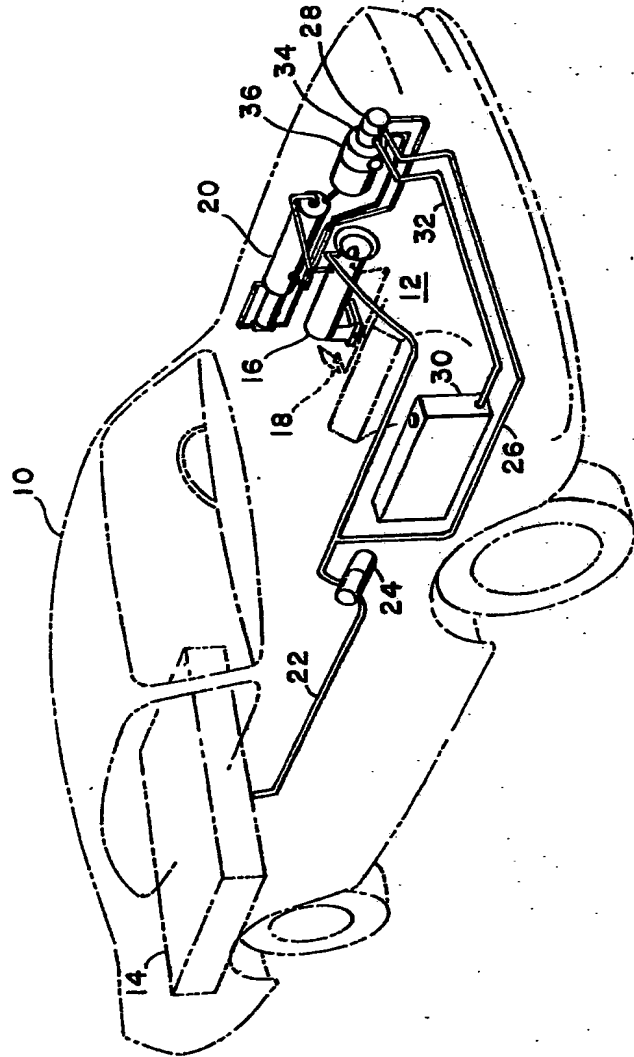


FIG. 1

-18-

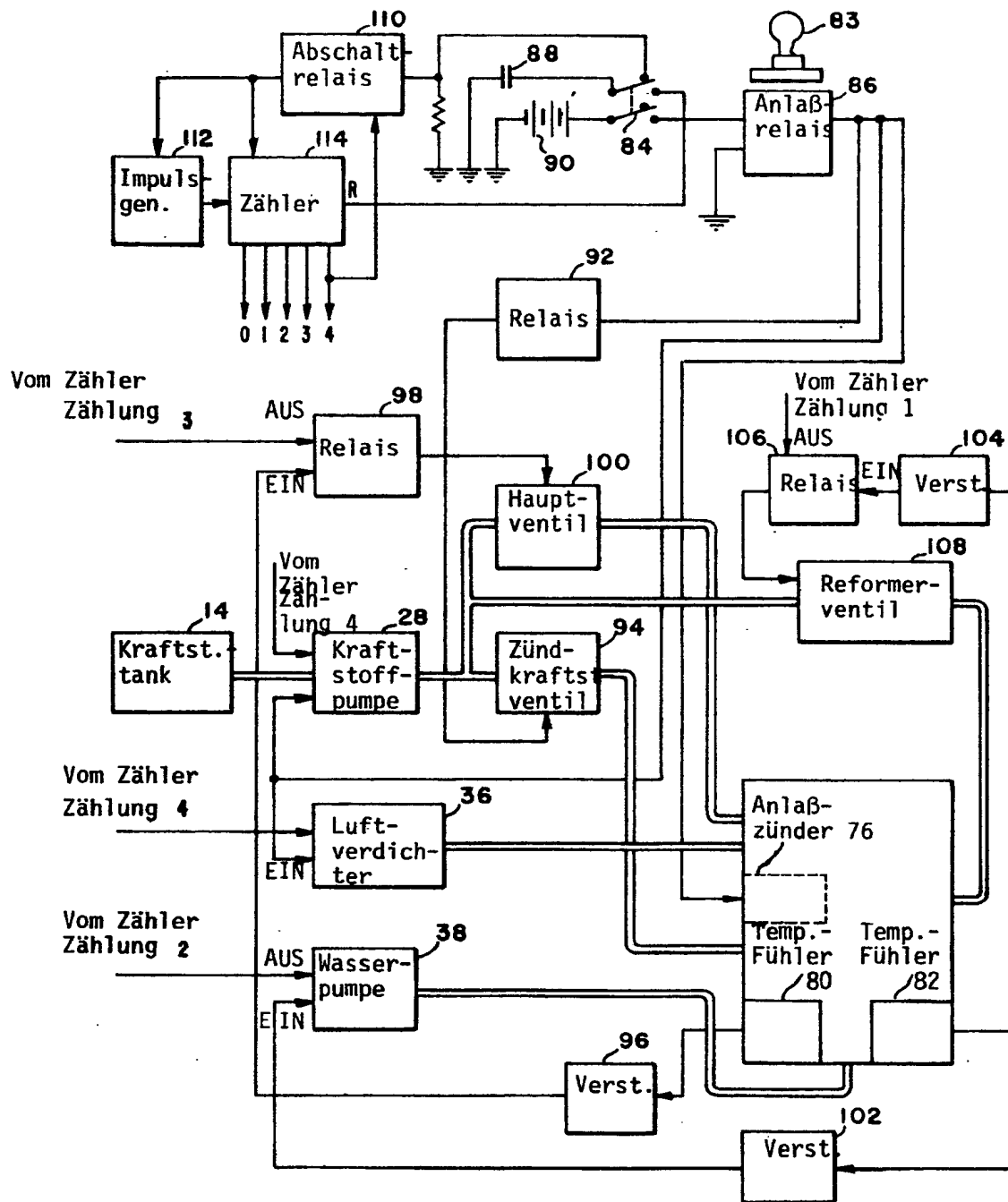


FIG. 3

509811/0989

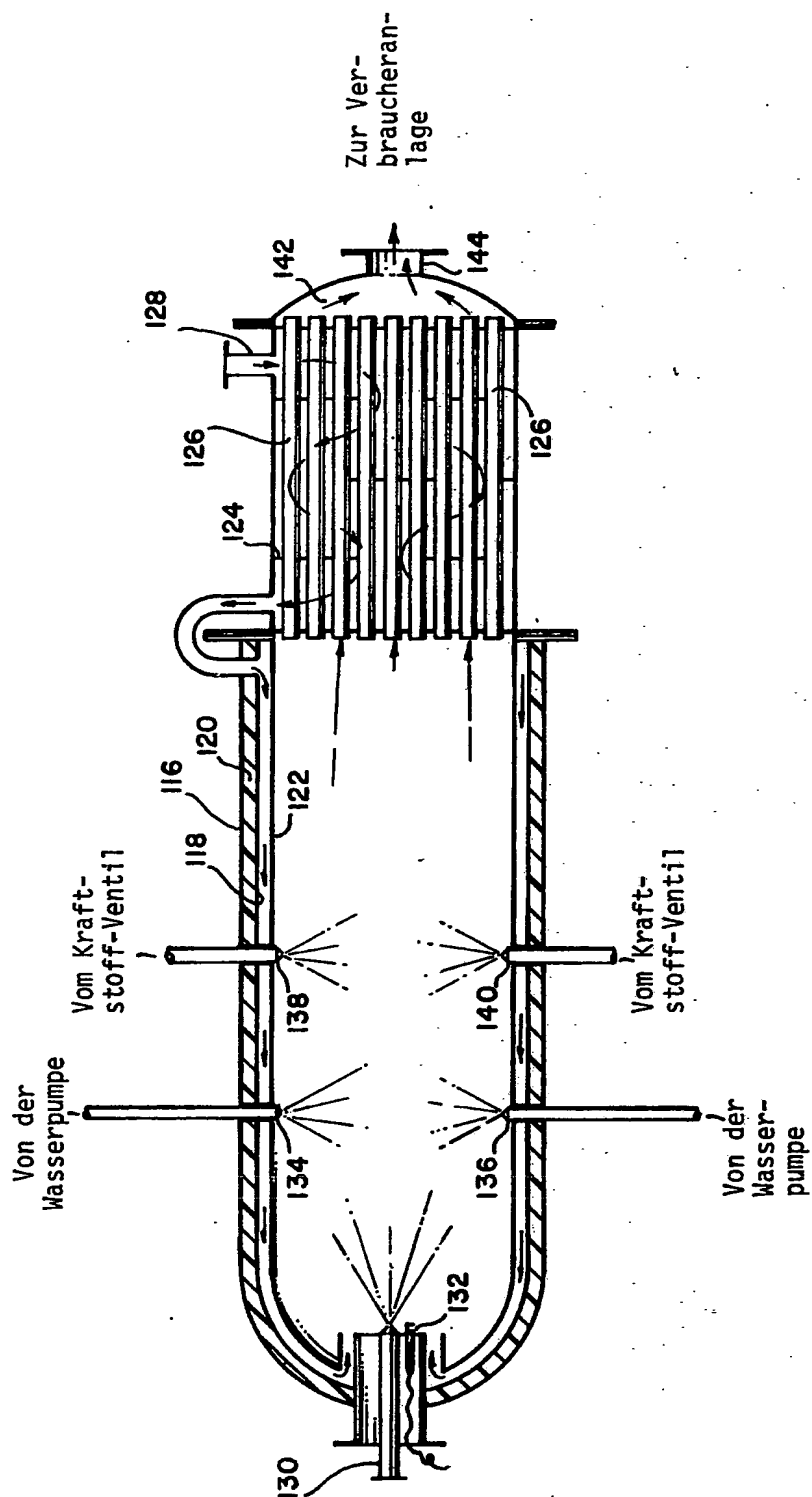


FIG. 4

de .

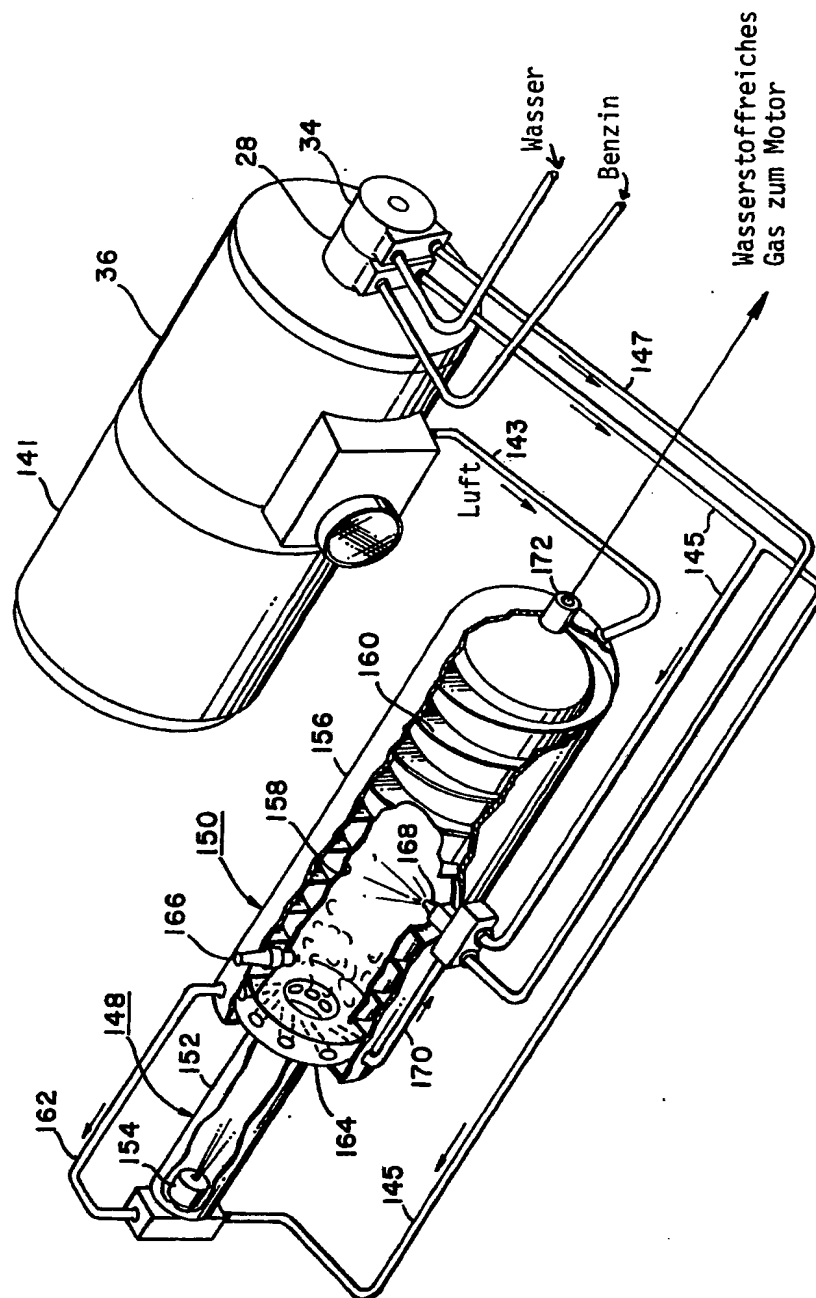


FIG. 5